

529, 549

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2004 年 4 月 15 日 (15.04.2004)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2004/031289 A1

- (51) 国際特許分類: C08L 21/00, C08K 7/06, B60C 19/00, 5/00, B29C 47/88 // B29K 21:00, 105:18, 105:18, F16D 65/12
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/012267
- (22) 国際出願日: 2003 年 9 月 25 日 (25.09.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2002-285466 2002 年 9 月 30 日 (30.09.2002) JP  
特願2002-294943 2002 年 10 月 8 日 (08.10.2002) JP

- 特願2002-295042 2002 年 10 月 8 日 (08.10.2002) JP  
特願2002-295047 2002 年 10 月 8 日 (08.10.2002) JP  
特願2002-295202 2002 年 10 月 8 日 (08.10.2002) JP  
特願2002-296346 2002 年 10 月 9 日 (09.10.2002) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社ブリヂストン (BRIDGESTONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒104-8340 東京都中央区京橋 1 丁目 10 番 1 号 Tokyo (JP).

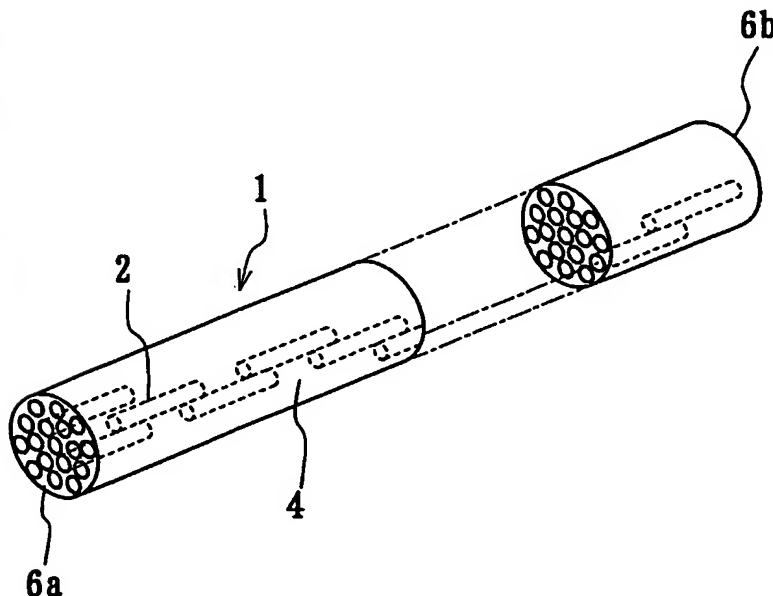
(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 菊池 正美 (KIKUCHI, Masami) [JP/JP]; 〒187-8531 東京都小平市小川東町 3-1-1 株式会社ブリヂストン 技術セ

[続葉有]

(54) Title: ORIENTATED CARBON NANOTUBE COMPOSITE, PROCESS FOR PRODUCING ORIENTATED CARBON NANOTUBE COMPOSITE, AND, PRODUCED USING ORIENTATED CARBON NANOTUBE COMPOSITE, PNEUMATIC TIRE, WHEEL FOR VEHICLE, TIRE WHEEL ASSEMBLY AND DISK BRAKE

(54) 発明の名称: カーボンナノチューブ配向複合体, カーボンナノチューブ配向複合体の製造方法, および, カーボンナノチューブ配向複合体を用いた空気入りタイヤ, 車両用ホイール, タイヤホイール組立体, ならびにディスクブレーキ



(57) Abstract: An orientated carbon nanotube composite comprising a matrix of heat conductivity lower than that of carbon nanotubes and, incorporated in the matrix, carbon nanotubes orientated in a given direction, wherein at least some of the carbon nanotubes are brought into contact with each other so as to provide continuity from one end to another end, along the orientation direction, of the orientated carbon nanotube composite. This orientated carbon nanotube composite is presented as a material of heat conductivity markedly high as compared with that of copper, aluminum or the like, or a material capable of, when disposed in a rubber material of low heat liberation, markedly increasing the heat conductivity thereof. Also, there are provided a process for producing the orientated carbon nanotube composite, and provided, produced using the orientated carbon nanotube composite, a

pneumatic tire, wheel for vehicle, tire wheel assembly and disk brake.

(57) 要約: カーボンナノチューブより熱伝導率の低いマトリックス中に、カーボンナノチューブを所定の方向に配向させるとともに、少なくとも一部のカーボンナノチューブを互いに接触させ、配向方向両端の間で一端から他端まで連続させてなるカーボンナノチューブ配向複合体を、銅やアルミニウム等に対比しても格段に高い熱伝導率を有する材料や、放熱性の低いゴム材料中に配置されその熱伝導性を著しく向上させる材料として提供し、また、その製造方法や、この材料を用いた、空気入りタイヤ、車両用ホイール、タイヤホイール組立体、および、ディスクブレーキも提供する。

WO 2004/031289 A1

ンター内 Tokyo (JP). 原田 伊紀 (HARADA, Iki) [JP/JP]; 〒187-8531 東京都小平市小川東町 3-1-1 株式会社ブリヂストン 技術センター内 Tokyo (JP). 水野 恵一郎 (MIZUNO, Keiichiro) [JP/JP]; 〒187-8531 東京都小平市小川東町 3-1-1 株式会社ブリヂストン 技術センター内 Tokyo (JP). 田沼 逸夫 (TANUMA, Itsuo) [JP/JP]; 〒187-8531 東京都小平市小川東町 3-1-1 株式会社ブリヂストン 技術センター内 Tokyo (JP). 小川 雅男 (OGAWA, Masao) [JP/JP]; 〒187-8531 東京都小平市小川東町 3-1-1 株式会社ブリヂストン 技術センター内 Tokyo (JP). 相澤 隆 (AIZAWA, Satoshi) [JP/JP]; 〒187-8531 東京都小平市小川東町 3-1-1 株式会社ブリヂストン 技術センター内 Tokyo (JP). 青池 由紀夫 (AOIKE, Yukio) [JP/JP]; 〒187-8531 東京都小平市小川東町 3-1-1 株式会社ブリヂストン 技術センター内 Tokyo (JP). 栗 孝久 (SHIZUKU, Takahisa) [JP/JP]; 〒187-8531 東京都小平市小川東町 3-1-1 株式会社ブリヂストン 技術センター内 Tokyo (JP).

- (74) 代理人: 杉村 興作 (SUGIMURA, Kosaku); 〒100-0013 東京都千代田区霞が関 3 丁目 2 番 4 号霞山ビルディング Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

## 明 細 書

カーボンナノチューブ配向複合体、カーボンナノチューブ配向複合体の製造方法、および、カーボンナノチューブ配向複合体を用いた空気入りタイヤ、車両用ホイール、タイヤホイール組立体、ならびにディスクブレーキ

### 技術分野

本発明は、カーボンナノチューブをマトリックス中に配向させたカーボンナノチューブ配向複合体およびその製造方法、ならびに、カーボンナノチューブ配向複合体を用いて放熱性を向上させた空気入りタイヤ、車両用ホイール、タイヤホイール組立体、ディスクブレーキに関する。

### 背景技術

従来、熱交換、熱伝達の現象を伴う熱的機械又は散熱用の汎用熱伝導材としては、主に鋳鉄、ステンレス鋼、銅及び銅合金、アルミニウム及びアルミニウム合金、ニッケル及びニッケル合金、チタン及びチタン合金、ジルコニウム合金等が使用されていて、特に、高熱伝導率が要求される熱交換器等の熱的機械には、常温から高温までの温度範囲にわたって熱伝導率が最も高い銅やアルミニウム等が使用されている。

しかし、昨今の省エネルギーに対する要望の高まりの中、より高い熱伝導率あるいは熱効率を有する熱的機械が求められており、銅やアルミニウム等に比べて、より高い熱伝導率を有する汎用熱伝導材を開発する必要がある。また、車両用ブレーキやホイール等の部品においては、ブレーキの性能を向上させあるいは高速走行下でのタイヤの温度上昇を抑制してタイヤの耐久性を確保するため、これらの部品におけるさらなる放熱性の改良が望まれている。

一方、ゴム等の弾性体は、繰り返し変形すると発熱し、また、ゴムは一般に熱伝導率の低い材料であるため、発生した熱を蓄え、ゴム自体が高温になり、熱劣化が促進されるため、タイヤ等、繰り返し変形をうけるゴム部分を具えた部品では、発生した熱を速やかに放出する必要がある。これに対する方策として、ゴム成分に、このゴム成分よりも熱伝導率の高い充填材等を配合することにより、熱伝導性を向上させることが行われているが、十分な効果を得るには配合量をかなり増やす必要があり、結果として充填材の分散が不均一になったり、力学物性が低下したりする等の問題があった。

本発明は、このような問題点を鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、銅やアルミニウム等に対比しても格段に高い熱伝導率を有する材料や、放熱性の低いゴム材料中に配置されその熱伝導性を著しく向上させることのできる材料を提供することにある、あわせて、これらの材料の製造方法、および、これらの材料を用いて放熱性を向上させることのできる部品をも提供するものである。

#### 発明の開示

上記目的を達成するため、本発明はなされたものであり、その要旨構成ならびに作用を以下に示す。

(1) 本発明は、カーボンナノチューブより熱伝導率の低いマトリックス中に、カーボンナノチューブを所定の方に配向させるとともに、少なくとも一部のカーボンナノチューブを、互いに接触させ配向方向両端間で一端から他端まで連続させてなるカーボンナノチューブ配向複合体である。

カーボンナノチューブは、直径数 nm～数百 nm 程度の炭素原子からなる構造体であり、通常のカーボンファイバー(CF)(平均直径 5 μm 以上、長さ 100 μm 程度)の  $10^{-3}$  倍のオーダーの極微細なチューブ状構造

を有し、カーボンナノチューブ単体の熱伝導率は、測定方法がまだ確率していないため明らかではないが、極めて高いことが、その結晶構造から理論的に推定されている。本発明のカーボンナノチューブ配向複合体は、マトリックス中に配向されたカーボンナノチューブが互いに接触し合って配向方向両端の間で一端から他端まで繋がってカーボンナノチューブ連続体を形成するので、放熱の対象となる部品に、連続体の一方の端を高温側に他方の端を低温側に位置させてカーボンナノチューブ配向複合体を配設することにより、この部品の熱放散性を向上させることができる。

(2) 本発明は、(1)において、前記カーボンナノチューブは、長さが  $0.1 \sim 30 \mu\text{m}$  で、直径が  $10 \sim 300\text{nm}$  であるカーボンナノチューブ配向複合体である。

$0.1 \mu\text{m}$  より短いものは、カーボンナノチューブ自体の熱伝導長が短いため端部が多く、カーボンナノチューブ同士を接触させ連続させるのが困難であり、 $30 \mu\text{m}$  より長いものは、カーボンナノチューブがもつれて配向し難く、製造するのがむづかしい。

また直径が、 $10\text{nm}$  より小さいものは、製造時の歩止まりが悪く生産性が悪いため高コストで汎用品としての使用が困難であり、 $300\text{nm}$  より大きいものは、表面積が小さく熱伝導性が悪い。

(3) 本発明は、(1) もしくは (2) において、前記マトリックスが金属材料であるカーボンナノチューブ配向複合体である。

この発明によれば、マトリックスを、熱伝導率の高い金属材料としたので、さらに高い熱伝導性を担持させることができる。

(4) 本発明は、(3) において、金属材料とカーボンナノチューブとの配合割合が、金属材料 100 質量部に対してカーボンナノチューブ  $0.1 \sim 5$  質量部であるカーボンナノチューブ配向複合体である。

従来知られている高熱伝導率材料であるアルミニウムより格段に高い熱伝導率、を担持させるためには、金属材料 100 質量部に対してカーボンナノチューブを 0.1 質量部以上含ませる必要があり、一方、カーボンナノチューブが 5 質量部を越えると、これを金属材料中に十分分散させることができず、カーボンナノチューブの固結部分や空気巻き込みによる空洞部分が発生し好ましくない。

(5) 本発明は、(3) もしくは (4) において、前記金属材料が、Al、Cu、Mg からなる群から選ばれた金属又は前記群から選ばれた金属を含む合金の一種類又は二種類以上よりなるカーボンナノチューブ配向複合体である。

本発明によれば、前記金属材料として、Al、Cu、Mg のいずれかを含むので、一層高い熱伝導率を与えることができ、さらに、これらの金属は、融点が低いのでカーボンナノチューブを分散させる溶融体を低温で形成することができ、また、柔らかく延性が高いので加工性に富んでいて、これらの点でも製造上好ましい。

(6) 本発明は、(3) ~ (5) のいずれかにおいて、カーボンナノチューブの配向方向の熱伝導率が  $300\text{W/m}\cdot\text{K}$  以上であるカーボンナノチューブ配向複合体である。

本発明によれば、高熱伝導率材料であるアルミニウムの熱伝導率  $240\text{W/m}\cdot\text{K}$  より格段に高い熱伝導率を有するので、カーボンナノチューブ配向複合体の方向を適切に設定して、放熱の対象となる部品中に配置することにより優れた放熱性を得ることができる。

(7) 本発明は、(1) もしくは (2) において、前記マトリックスがゴム成分を含んだものであるカーボンナノチューブ配向複合体である。

本発明によれば、マトリックスにゴム成分を含むので、カーボンナノチューブ配向複合体を、例えばタイヤ等のゴム中に配置し、タイヤの放

熱性を向上させようとしたとき、周囲のゴムとの高い親和性のゆえに、また、ゴム成分による可撓性のゆえに、周囲のゴムに追従して変形することができ、周囲のゴムの変形を阻害することもなく、また、自らの破壊を招くこともない。

(8) 本発明は、(7)において、ゴム成分とカーボンナノチューブとの配合割合が、ゴム成分 100 質量部に対して 5~100 質量部であるカーボンナノチューブ配向複合体である。

カーボンナノチューブが、5 質量部未満では、カーボンナノチューブ同士の接触が少ないため熱伝導性の向上効果が低く、100 質量部を超えると、混合や成形等における作業性が低下する。

(9) 本発明は、(7) もしくは (8) において、前記ゴム成分がブチルゴムであるカーボンナノチューブ配向複合体である。

本発明によれば、ゴム成分をブチルゴムとしたので、コストと性能とのバランスがよく、さらに、引張強力が低く練り易い、ガス透過性が低い、耐透過性で磁粉の耐食性に優れる、粘度が低く混練りし易い等の点で有利である。

(10) 本発明は、(7) ~ (9) のいずれかにおいて、カーボンナノチューブの配向方向の熱伝導率が  $0.15\text{W/m}\cdot\text{K}$  以上であるカーボンナノチューブ配向複合体である。

本発明によれば、カーボンナノチューブの配向方向の熱伝導率が  $0.15\text{W/m}\cdot\text{K}$  以上としたので、ゴムの熱伝導率より格段に高い熱伝導率を具えることができ、カーボンナノチューブ配向複合体の方向を適切に設定して、放熱の対象となるゴム部品中に配置することにより優れた放熱性を得ることができる。

(11) 本発明は、(3) ~ (6) のいずれかのカーボンナノチューブ配向複合体の製造方法であって、溶融した前記金属材料中にカーボンナ

ノチューブが分散された溶融体を流動させ、溶融体の流動過程でこれを冷却して固化させることによりカーボンナノチューブを配向させるカーボンナノチューブ配向複合体の製造方法である。

本発明によれば、前記流動過程で溶融体を冷却して固化させるので、カーボンナノチューブを容易に配向させることができ、また、カーボンナノチューブを配向させたあとこの配向が崩れるの防止することができる。

(12) 本発明は、(7)～(10)のいずれかのカーボンナノチューブ配向複合体の製造方法であって、ゴム成分とカーボンナノチューブとを混練し、この混練物を押出機から押し出し、押出物を押出速度より速い延伸速度で延伸するカーボンナノチューブ配向複合体の製造方法である。

本発明によれば、押出速度（単位時間当りの押出物の長さ）より速い延伸速度（単位時間当りの延伸物の長さ）に相当する張力を押出物にかけることにより、カーボンナノチューブが長手方向に配向することができる。

(13) 本発明は、(7)～(10)のいずれかのカーボンナノチューブ配向複合体を互いに平行に並べ、コーティングゴムで被覆して放熱性部材を構成し、この放熱性部材を、カーボンナノチューブ配向複合体の一端がタイヤ外表面に露出し他端がタイヤ内部に位置するように配置してなる空気入りタイヤである。

タイヤは転動走行中の大変形により、車両の振動、衝撃等のエネルギーを吸収して車両の乗り心地や安全性に寄与するものであるが、その大きなエネルギー吸収性ゆえに、発熱が大きく、タイヤで発生した熱を効率よく放熱させることは、タイヤの耐久性の向上や安全性の確保のために重要な課題である。そして、タイヤで発生した熱の放熱性を上げるた

めには、タイヤの内部の発熱部位からタイヤ表面への熱伝導を向上させることが重要である。

本発明によれば、放熱性部材中のカーボンナノチューブ配向複合体の一端がタイヤ外表面に露出しているので、転動による変形でタイヤが発熱しても、熱がカーボンナノチューブ配向複合体のタイヤ内部に位置する一方の端からカーボンナノチューブ配向複合体を経由してタイヤ外表面に露出したもう一方の端に移動し、この露出部がタイヤ外部の空気により常に冷却されているため、熱を効率的にタイヤから放散することができる。

また、カーボンナノチューブ配向複合体をコーティングゴムで被覆して放熱性部材としたので、カーボンナノチューブ配向複合体とタイヤのゴムとの親和性を高めて、耐久性を確保することができる。

(14) 本発明は、(13)において、前記放熱性部材を、ベルト端およびカーカス折り返し端の少なくとも一方の近傍に配置してなる空気入りタイヤである。

ここで、カーカス折り返し端とは、ビードコアの周りでタイヤの内側から外側に折り返したカーカスの端をいう。ベルト端近傍及びカーカス折り返し端近傍は、タイヤの転動によりタイヤ内部の中でも最も発熱しやすい部分であり、本発明によれば、これらの端の少なくとも一方の近傍に、放熱性部材の一端を配置したので、熱劣化に起因する耐久性の低下を効果的に防止することができる。

(15) 本発明は、(13)もしくは(14)において、前記放熱性部材は、厚さが1~5mmである空気入りタイヤである。

放熱性部材の厚さが、1mm未満では、放熱断面積が小さく放熱が不十分であり、5mmを超えると、周囲の補強ゴムの割合が減って耐久性や剥離の問題が発生する。

(16) 本発明は、タイヤと協働してタイヤ内空部を囲繞するリムを有するホイールであって、(3)～(6)のいずれかのカーボンナノチューブ配向複合体を、リムの厚さ方向に貫通させて配設し、カーボンナノチューブ配向複合体の一端を、タイヤに接触する部分もしくはタイヤ内空部に露出する部分に配置するとともに、他端を、大気に露出する部分に配置してなる車両用ホイールである。

タイヤで発生した熱を効果的に放熱するためには、タイヤ内部から表面への熱伝導率を上げることの他、タイヤの発熱によって高温となったタイヤ内空部の温度を下げることも重要なことであり、本発明によれば、カーボンナノチューブ配向複合体をリムの厚さ方向に貫通させて設けたので、リムの、タイヤ内空部と接触する側から厚さ方向反対側にある大気と接触する側に、短いパスで熱を移動させることができ、効率よくタイヤ内空部の温度を下げるができる。

(17) 本発明は、(16)において、熱伝導率が  $300\text{W/m}\cdot\text{K}$  以上である高熱伝導率部材をリムの表面にコーティングし、高熱伝導率部材を、タイヤに接触しもしくはタイヤ内空部に露出する第一の部分から、大気に露出する第二の部分まで延在させてなる車両用ホイールである。

本発明によれば、高熱伝導率部材は熱伝導率が  $300\text{W/m}\cdot\text{K}$  以上であり、アルミ等リムを構成する主要部よりも高い熱伝導率を有し、高熱伝導率部材の第一の部分を、高温側となるタイヤもしくはタイヤ内空部に、第二の部分を、低温側となる大気にそれぞれ露出させているので、タイヤもしくはタイヤ内空部の熱をこの高熱伝導率部材を伝達させて速やかに大気側から放散することができ、さらに効率よくタイヤ内空部もしくはタイヤの熱を放出することができ、放熱性能の一層優れた車両用ホイールを構成することができる。

(18) 本発明は、(17)において、前記高熱伝導率部材は、A1、

MgおよびCuからなる群から選ばれた金属の合金、もしくは、前記群から選ばれた金属とダイヤモンドとの焼結体よりなる車両用ホイールである。

本発明によれば、前記高熱伝導率部材を、前記群から選ばれた金属の合金、この金属とダイヤモンドとの焼結体としたので、この高熱伝導率部材の熱伝導率を、ホイールを構成する残余の部材のそれよりも、容易に大きくして、タイヤからの熱をより効果的に放熱させることができる。

(19) 本発明は、(17) もしくは (18) において、前記高熱伝導率部材の第二の部分が露出する表面を冷却する冷却手段を設けてなる車両用ホイールである。

本発明によれば、低温側を構成する、高熱伝導率部材の第二の部分が露出する表面に冷却手段を設けたので、高熱伝導率部材の两部分間の温度差を大きくすることができ、熱の更なる放散を促進させることができる。ここで、冷却手段とは、熱放散面に設けた冷却フィン、外部に設けた冷却ファン、あるいは、高放熱材料で熱放散面の表面を覆うことを含む、熱放散面の熱放散を促進するすべての手段をいう。

(20) 本発明は、(19) において、前記冷却手段として、冷却フィンを前記表面に設けてなる車両用ホイールである。

本発明によれば、前記冷却手段を冷却フィンで構成したので、簡易で効率の高い冷却を実現することができる。

(21) 本発明は、(16) ~ (20) のいずれかにおいて、タイヤ内空部に接する部分に集熱フィンを設けてなる車両用ホイールである。

本発明によれば、タイヤ内空部に接する部分に集熱フィンを設けたので、タイヤ内空部の熱を効率よく吸収することができ、簡易で効率の高い冷却を実現することができる。

(22) 本発明は、(16) ~ (21) のいずれかの車両用ホイールと、

この車両用ホイールに装着されたタイヤとよりなり、これらが囲繞するタイヤ内空部に、少なくともヘリウムガスを含む気体を充填してなるタイヤホイール組立体である。

ヘリウムガスの熱伝導率は、 $0.18\text{W/m}\cdot\text{K}$  であり、これは通常タイヤ内空部に充填される空気の熱伝導率  $0.026\text{W/m}\cdot\text{K}$  よりも格段に高い。本発明によれば、ヘリウムガスを含む気体を充填しているので従来のものに対比して効率よくタイヤの熱をホイールに伝達することができ、タイヤからの熱放散を一層促進することができる。

(23) 本発明は、(16)～(22)のいずれかの車両用ホイールと、この車両用ホイールに装着されたタイヤとよりなり、これらが囲繞するタイヤ内空部に、弾性ボールを封入してなるタイヤホイール組立体である。

本発明によれば、タイヤ内空部に弾性ボールが封入されているので、タイヤの転動に際して、弾性ボールがタイヤ内空部の中をタイヤもしくはホイールの内壁面でパウンドしながら跳ね回り、効率よく、タイヤ内空部内の気体を対流させ、タイヤからホイールへの熱の貫流率を向上させ、よって、タイヤからの熱をさらに放出させることができる。

(24) 本発明は、ロータと、回転中のロータに摺動してロータの回転を減速させるパッドとを具えたディスクブレーキであって、

ロータおよびパッドのうち少なくとも一方の部品に、(3)～(6)のいずれかのカーボンナノチューブ配向複合体を配設してなり、カーボンナノチューブ配向複合体の一端をその部品の摺動面に露出させもしくは摺動面の近傍に位置させ、他端をその部品の摺動面以外の表面に露出させてなるディスクブレーキである。

車両等に用いられるディスクブレーキは、回転するロータと、ロータの両面を挟み込んでこれらの面と摺動して摩擦力によりロータの回転

速度を低下させるパッドとを具えるが、パッドが同じ力でロータを挟み込んでも、摺動面の摩擦係数はその温度に大きく影響を受ける。したがって、この温度を一定にすることが安定したブレーキ性能を確保する上で重要であるが、ブレーキは特に冷却装置を具えているわけではないので、摺動面の温度できるだけ速く周囲の温度に低下させることが重要となる。

本発明によれば、カーボンナノチューブ配向複合体を、摺動面もしくはその近傍から熱放散面をなす摺動面以外の表面までの間に延在させるので、摺動面で発生した熱を、カーボンナノチューブ配向複合体中を伝達させて速やかに熱放散面から放散することができ、高い放熱性能を有するディスクブレーキを構成することができる。なお、カーボンナノチューブ配向複合体の一端を「摺動面の近傍で終了させ」とは、摺動面が摩耗しても表面には露出することのない範囲で、摺動面表面からもっとも浅い深さ方向位置でその端を終了させることを意味する。

(25) 本発明は、(24)において、前記他端が露出する前記部品の表面を冷却する冷却手段を設けてなるディスクブレーキである。

本発明によれば、熱放散面を構成する、カーボンナノチューブ配向複合体の他端が露出する表面に冷却手段を設けたので、カーボンナノチューブ配向複合体の両端間の温度差を大きくすることができ、熱の更なる放散を促進させることができる。ここで、冷却手段とは、熱放散面に設けた冷却フィン、外部に設けた冷却ファン、あるいは、高放熱材料で熱放散面の表面を覆うことを含む、熱放散面の熱放散を促進するすべての手段をいう。

(26) 本発明は、(25)において、前記冷却手段を、前記表面に設けた冷却フィンとしてなるディスクブレーキである。

本発明によれば、前記冷却手段を冷却フィンで構成したので、簡易で

効率の高い冷却を実現することができる。

#### 図面の簡単な説明

図 1 は、本発明に係る第一の実施形態のカーボンナノチューブ配向複合体を示す略線斜視図である。

図 2 は、カーボンナノチューブ同士が接触する部分を示す略線側面図である。

図 3 は、曲線に沿って延在するカーボンナノチューブ配向複合体を示す略線斜視図である。

図 4 は、カーボンナノチューブ配向複合体を製造する方法を示す説明図である。

図 5 は、第二の実施形態のカーボンナノチューブ配向複合体を示す略線斜視図である。

図 6 は、本発明の空気入りタイヤの実施形態を示す断面図である。

図 7 は、図 6 の A - A 矢視に対応する断面図である。

図 8 は、図 6 の B - B 矢視に対応する断面図である。

図 9 は、車両用ホイールの半部を示す略線断面図である。

図 10 は、図 9 の C 部の詳細を示す略線断面図である。

図 11 は、図 9 の D - D 断面を示す断面図である。

図 12 は、ディスクブレーキを示す略線断面図である。

図 13 は、ロータを示す略線斜視図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

カーボンナノチューブ配向複合体の実施形態について図を参照して説明する。図 1 は、第一の実施形態のカーボンナノチューブ配向複合体 1 を示す略線斜視図であり、図 2 は、カーボンナノチューブ 2 同士が接触する部分を示す略線側面図である。

カーボンナノチューブ配向複合体 1 は、金属よりなるマトリックス 4

中に所定方向に沿って配向された多数のカーボンナノチューブ 2 を有し、少なくとも一部のカーボンナノチューブ 2 は互いに接触し合って、カーボンナノチューブ配向複合体 1 の端面 6 a、6 b の間で、一方の端面 6 a から他方の端面 6 b まで連続して延在する。互いに隣接するカーボンナノチューブ 2 は、例えば図 2 に示すように、L 1、L 2 もしくは L 3 で外周面同士を接触しあい、高い熱伝導率の物質を直列が接続された熱伝達経路を構成する。

カーボンナノチューブ 2 は、直径数 nm～数百 nm 程度の炭素原子からなる構造体であり、通常のカーボンファイバー（平均直径  $5\mu\text{m}$  以上、長さ  $100\mu\text{m}$  程度）の  $10^{-3}$  倍のオーダーの極微細なチューブ状構造を有する。カーボンナノチューブ 2 自体の熱伝導率は、測定方法が確立していないため正確な数値が明らかではないが、その構造から理論的に推定され、非常に高いことが知られている。

本発明に用いるカーボンナノチューブ 2 は、長さが  $0.1\sim 30\mu\text{m}$  のものが好ましく、 $0.1\sim 10\mu\text{m}$  のものがより好ましい。 $0.1\mu\text{m}$  より短いものは、カーボンナノチューブ 2 自体の熱伝導長が短いため端部が多く、カーボンナノチューブ 2 同士を接触させ連続させるのが困難であり、 $30\mu\text{m}$  より長いものは、カーボンナノチューブ 2 がもつれて配向し難く、製造するのがむづかしい。

カーボンナノチューブ 2 は、直径が  $10\sim 300\text{nm}$  のものが好ましく、 $100\sim 250\text{nm}$  のものがより好ましい。 $10\text{nm}$  より小さいものは、製造時の歩止まりが悪く生産性が悪いため高コストで汎用品としての使用が困難であり、 $300\text{nm}$  より大きいものは、表面積が小さく熱伝導性が悪い。

上記カーボンナノチューブ 2 は、プラズマ CVD（化学気相成長）法、熱 CVD 法、表面分解法、流動気相合成法、アーク放電法等により合成されるものが好ましく、中でも、量産性の観点から、流動気相合成法に

より合成されるものが特に好ましい。

カーボンナノチューブ配向複合体 1 には、単層ナノチューブ及び多層ナノチューブの何れでも用いることができる。単層ナノチューブは束（バンドル）構造をとるが、1 バンドル当りのチューブ数は特に制限されない。また、多層ナノチューブにおけるチューブ層数も特に制限されない。

また、カーボンナノチューブ配向複合体 1 には、市販品のカーボンナノチューブを適宜使用することができ、例えば、昭和電工社製気相法炭素繊維 V G C F（登録商標）、米国マテリアルズテクノロジーズリサーチ（Materials, Technologies, Research (M T R)）社製のカーボンナノチューブを用いることができる。

ここで、カーボンナノチューブ配向複合体 1 の太さは 0.1~2.0mm 程度であり、その長さは必要に応じて自由に選択することができる。

マトリックスとなる金属としては、アルミニウムその他、銅やマグネシウムなどを用いることができる。本実施の形態においては、カーボンナノチューブの混合割合は、アルミニウム 100 質量部に対して 0.1~5 質量部としていて、その結果得られる熱伝導率は 300~12000 W/m·K でありこれは通常のアリミニウムの熱伝導率 240W/m·K に対して最高で 50 倍高いものとなる。

図 3 は、この実施形態の他の形状のカーボンナノチューブ配向複合体 1 A を示す略線斜視図である。この場合、カーボンナノチューブ配向複合体 1 A は曲線に沿って延在するが、カーボンナノチューブ配向複合体 1 と同様、金属よりなるマトリックス 4 A 中にその延在方向に沿って配向された多数のカーボンナノチューブ 2 を有し、これらのカーボンナノチューブ 2 は互いに繋がって、カーボンナノチューブ配向複合体 1 A の端面 7 a、7 b の両方に開口するとともに一方の端面 7 a から他方の端

面 7 b まで連続して延在する。

図 1 に示すカーボンナノチューブ配向複合体 1 を製造する方法について、図 4 を参照して説明する。容器 2 5 の中に、カーボンナノチューブ 2 を混合分散させたアルミニウムの溶融体 2 1 を準備するが、この状態ではカーボンナノチューブ 2 は未配向である。その後、容器 2 5 の出口に設けられたバルブ 2 6 を開け、この溶融体 2 1 を所定の流速でこの容器 2 5 から流出させる。

流出した溶融体 2 1 は、図において反時計回りに回転する冷却ドラム 2 7 に設けられた溝 2 8 に注入される。このとき、溶融体 2 1 の流出する流速より冷却ドラム 2 7 の周速を速く設定してあり、溶融体 2 1 は冷却ドラム 2 7 の溝 2 8 によって引き出されるので、その引き出しによってカーボンナノチューブ 2 をその流れの方向に配向させることができる。そして、この溶融体 2 1 は冷却ドラム 2 7 の溝から排出される前に、冷却ドラム 2 7 の冷却作用によって半固化状態となり、この半固化状態ではカーボンナノチューブ 2 の配向が元に戻ることはない。冷却ドラム 2 7 から排出されたあとさらに冷却され固化されて、固化体 2 3 となる。固化体 2 3 は、圧延ロール 2 9 によって断面形状を円形に成形されたのちカッタ 2 2 で所定の長さに切断されて、カーボンナノチューブ配向複合体 1 が形成される。

以上の製造方法において、溶融体 2 1 が流動する過程で、カーボンナノチューブ 2 はその流動の方向に配列される。ここで、溶融体 2 1 の流出速度よりも冷却ドラム 2 7 の周速を速くすることによって、カーボンナノチューブ 2 を所定方向に配向させることができ、また、これを連続的に形成することができる。

また、曲線に沿って延在するカーボンナノチューブ配向複合体 1 A を製造するには、円筒状の鋳型 2 8 の代りに、カーボンナノチューブ配向

複合体 1 A に対応する曲率半径を有する円筒状の鋳型中を溶融体 2 1 を注入してこの中を流動する溶融体 2 1 を冷却させることにより形成することができる。

次に、第二の実施形態のカーボンナノチューブ配向複合体 1 1 について説明する。図 5 は、第二の実施形態のカーボンナノチューブ配向複合体 1 1 を示す略線斜視図である。

カーボンナノチューブ配向複合体 1 1 には、ゴム成分を含むマトリックス 1 4 中に所定方向に沿って配向された配向された多数のカーボンナノチューブ 2 を有し、少なくとも一部のカーボンナノチューブ 2 は互いに接触し合っており、カーボンナノチューブ配向複合体 1 1 の端面 1 6 a、1 6 b の間で、一方の端面 1 6 a から他方の端面 1 6 b まで連続して延在する。互いに隣接するカーボンナノチューブ 2 は、前述の図 2 に示すように、L 1、L 2 もしくは L 3 で外周面同士を接触させて高い熱伝導率の物質が直列に接続された熱伝達経路を構成する。

カーボンナノチューブ配向複合体 1 1 に用いられるカーボンナノチューブ 2 は、詳細を第一の実施形態について説明した通りであり、ここでは説明を繰り返さない。

カーボンナノチューブ配向複合体 1 1 を構成するゴム成分としては、天然ゴム；乳化重合スチレンーブタジエンゴム、溶液重合スチレンーブタジエンゴム、高シスー1，4ポリブタジエンゴム、低シスー1，4ポリブタジエンゴム、高シスー1，4ポリイソブレンゴム等の汎用合成ゴム；ニトリルゴム、水添ニトリルゴム、クロロプレンゴム等のジエン系特殊ゴム；エチレンープロピレンゴム、ブチルゴム、ハロゲン化ブチルゴム、アクリルゴム、クロロスルホン化ポリエチレン等のオレフィン系特殊ゴム；ヒドリルゴム、フッ素ゴム、多硫化ゴム、ウレタンゴム等の他の特殊ゴム等が挙げられる。この中でも、コストと性能のバランスの

観点から天然ゴム及び汎用合成ゴムが好ましく、引張強力が低く練り易い、ガス透過性が低い、耐透過性で磁粉の耐食に有利、粘度が低く混練りし易い等の観点からブチルゴムが好ましい。

カーボンナノチューブ配向複合体 1 1 におけるカーボンナノチューブ 2 の配合量は、前記ゴム成分 100 質量部に対して 5~100 質量部が好ましい。5 質量部未満では、カーボンナノチューブ同士の接触が少ないため熱伝導性の向上効果が低く、100 質量部を超えると、混合や成形等における作業性が低下する。

カーボンナノチューブ配向複合体 1 1 には、上述したゴム成分及びカーボンナノチューブの他、ゴム業界で通常使用される配合剤、例えば、充填材、加硫剤、加硫促進剤、補強材、老化防止剤、軟化剤を適宜配合することができる。

ここで、カーボンナノチューブ配向複合体 1 1 は、カーボンナノチューブの配向方向の熱伝導率が  $0.15\text{W/m}\cdot\text{K}$  以上、より好適には  $0.5\text{W/m}\cdot\text{K}$  以上である。

カーボンナノチューブ配向複合体 1 1 は、例えば、以下のようにして製造することができる。まず、ゴム成分とカーボンナノチューブとを混練する。ここで、ゴム業界で通常使用される配合剤を適宜配合して混練することができる。

次に、上記混練物を加熱して粘性を低下させた後、押出機から低温側へ押し出すと共に、該押出物に張力を掛けて延伸させ、低温側で固化させる。ここで、押出速度（単位時間当りの押出物の長さ）より速い延伸速度（単位時間当りの延伸物の長さ）に相当する張力を押出物にかけることにより、カーボンナノチューブが長手方向に配向される。張力の上限は、延伸された押出物の切断が防止される程度のものである。

次に、第二の実施形態のカーボンナノチューブ配向複合体 1 1 を用い

た空気入りタイヤの実施形態について図を参照して説明する。図 6 は、本発明の空気入りタイヤの実施形態を示す断面図であり、図 7 は、図 6 の A-A 矢視、同様に、図 8 は、図 6 の B-B 矢視に対応する断面図である。タイヤ 30 は、一対のビード部 31 と、一対のサイドウォール部 32 と、トレッド部 33 と、それぞれのビード部 31 に埋設されたリング状のビードコア 34 間にトロイド状に延在し、その両端部が前記ビードコア 34 の周りで内側から外側に折り返されてなるカーカス 35 と、トレッド部 33 に位置するカーカス 35 の外周上に配置した少なくとも二つのベルト層からなるベルト 36 と、タイヤ中心軸を軸心とするコーン状の、一対の放熱性部材 37 および一対の放熱性部材 38 とを具え、放熱性部材 37 は、ベルト端近傍からタイヤ外表面に延在し、放熱性部材 38 は、カーカス 35 の折り返し端近傍からタイヤ外表面に延在するよう配置される。

なお、これらの放熱性部材 37、38 は、タイヤ外表面までの距離が最も短くなる方向に向けるのが、熱伝導の点で好ましい。

放熱性部材 37、38 は、複数のカーボンナノチューブ配向複合体 11 と、カーボンナノチューブ配向複合体 11 を覆うコーティングゴム 39 とで構成され、カーボンナノチューブ配向複合体 11 は、それぞれの両端が、コーン状のそれぞれの両端面に露出するよう配置される。

ここで、放熱性部材 37、38 の幅は、目的とするタイヤのサイズに対応して決められた、ベルト端又はカーカス折り返し端近傍からタイヤ外表面までの距離に相当する。また、カーボンナノチューブ配向複合体 11 は、直径が 0.1~2.0mm、好ましくは 0.1~1.0mm であり、これらは、所定の間隔で周方向に配列される。

なお、空気入りタイヤ 30 は、放熱性部材 37、38 の両方を具えるが、放熱性部材 37、38 のうち、一方だけを具えてもよい。

次に、第一の実施形態のカーボンナノチューブ配向複合体 1 を用いた車両用ホイールの実施形態について図を参照して説明する。図 9 は、車両用ホイール 4 1 の半部を示す略線断面図、図 10 は、図 9 の C 部の詳細を示す略線断面図、図 11 は、図 9 の D-D 断面を示す断面図である。車両用ホイール 4 1 は、タイヤ 4 5 を支承しタイヤ 4 5 と協働してタイヤ内空部 4 6 を囲繞するリム 4 2 と、リム 4 2 に連結されるとともに、車輪のハブに取り付けられるディスク 4 3 とを具え、また、リム 4 2 を補強するためのリブ 4 4 が周上に複数個配設される。

リム 4 2 の、タイヤ 4 5 に接触する部分もしくはタイヤ内空部 4 6 に露出する部分に一端を配置し、他端を、リム 4 2 の厚さ方向の反対側大気に露出する部分に配置した多数のカーボンナノチューブ配向複合体 1 がリム 4 2 の厚さ方向に貫通して設けられる。

また、ホイール 4 1 を構成するこれらリム 4 2、ディスク 4 3 およびリブ 4 4 のそれぞれの表面のほぼ全面にわたって高熱伝導率部材 4 8 がコーティングされており、タイヤ 4 5 と接触する表面およびタイヤ内空部 4 6 に露出する表面 N を高温側の第一の部分、この表面 N 以外の、大気に露出する表面 T を低温側の第二の部分としたとき、カーボンナノチューブ配向複合体 1 および高熱伝導率部材 4 8 を通して、第一の部分から第二の部分へ熱が移動し放熱される。

カーボンナノチューブ配向複合体 1 および高熱伝導率部材 4 8 は、ともにホイール 1 の主たる部材である母材 4 7 より熱伝導率は高いので、従来母材 4 7 を伝わってしか大気に放出されなかったタイヤ 4 5 もしくはタイヤ内空部 4 6 からの熱は、主にカーボンナノチューブ配向複合体 1 および高熱伝導率部材 4 8 を伝わって大気に放熱されることとなり、従来よりも格段に優れた放熱性能を有することができる。カーボンナノチューブ配向複合体 1 および高熱伝導率部材 4 8 は、 $300\text{W/m}\cdot\text{K}$  以上

の熱伝導率を有するのが好ましい。

また、高熱伝導率部材 4 8 の、タイヤ内空部 4 6 に露出する表面 N には、複数の突条よりなる集熱フィン 5 1 が設けられていて、タイヤ内空部 4 6 からの熱を効率よく集熱することができ、また、高熱伝導率部材 4 8 の大気に露出する表面 T にも、複数の突条よりなる冷却フィン 5 2 が設けられていて、この冷却フィン 5 2 も、カーボンナノチューブ配向複合体 1 および高熱伝導率部材 4 8 を伝わってきた熱を効率よく大気に放出するための冷却装置を構成する。

高熱伝導率部材 4 8 としては、熱伝導率の高い A l、M g および C u からなる群から選ばれた金属の合金、もしくは、これらの群から選ばれた金属とダイヤモンドとの焼結体などを用いることができる。

カーボンナノチューブ配向複合体 1 は、リブ 4 4 が設けられてない部分のリム 4 2 の表面全面にわたってタイヤ内空部 4 6 に均一に露出するように配設されていて、その露出面積比率は、5～50%とするのが好ましい。この比率が、5%未満だと十分な放熱の改善効果が得られず、50%を越えるとホイールとしての必要強度を満足できなくなる。また、カーボンナノチューブ配向複合体 1 を母材 4 7 中に配設するには、リム 4 2 の中にカーボンナノチューブ配向複合体 1 を収納する穴を形成しておきこの穴にカーボンナノチューブ配向複合体 1 を挿入して固定することにより行う。なお、固定に際しては、接着剤による方法、しまりばめによる方法等を用いることができる。

ここで、タイヤ 4 5 からの放熱を一層向上させるためには、放熱経路の一部をなすタイヤ内空部 4 6 の熱伝導率を高めることも効果があり、そのため、タイヤ内空部 4 6 を、空気の代わりに、空気より熱伝導率の高いヘリウムガス 5 3 で充填するのが好ましく、ヘリウムガス 5 3 と他の気体、例えば空気、とを混合したものを用いることもできる。

また、タイヤ内空部 4 6 に、数個の弾性ボール 5 4 を封入することにより、弾性ボール 1 4 が、タイヤの転動に伴って、タイヤ 4 5 もしくはリム 4 2 の壁面で反射を繰り返しながら、タイヤ内空部 4 6 をランダムに移動することを利用して、タイヤ内空部 4 6 の充填気体を十分攪拌し、タイヤ 4 5 からリム 4 2 への熱貫流率を高めることができ、さらに好ましい。

弾性ボール 5 4 をランダムにタイヤ内空部 4 6 中を移動させるためには、タイヤ 4 5 もしくはリム 4 2 の壁面でバウンドされやすい弾性ボール 5 4 を用いるのが好ましく、そのため、弾性ボール 5 4 は高い弾性を有する必要がある、例えば、スポンジやゴムよりなるものや、タイヤ内空部 4 6 に充填された内圧より高い内圧が充填されたゴム製もしくは樹脂製の中空ボールなどを用いることができる。また、弾性ボール 5 4 の表面に凹凸や攪拌のためのフィンを設けると攪拌効率を向上させることができる。

弾性ボール 5 4 の直径は、5~10mm とするのがよく、直径が 10mm を越えると壁面との衝突、もしくは、気体との摩擦による発熱が大きくなってしまい、これが 5mm 未満であると、十分な攪拌が得られない。また、タイヤ内空部 4 6 内に封入する弾性ボール 5 4 は 10 個以下とするのが好ましく、個数が 10 個を越えると同様にして発熱が大きくなってしまふ。

次に、第一の実施形態のカーボンナノチューブ配向複合体 1 を用いたディスクブレーキの実施形態について図を参照して説明する。図 1 2 は、ディスクブレーキ 6 1 を示す略線断面図であり、図 1 3 は、ロータ 6 2 を示す略線斜視図である。ディスクブレーキ 6 1 は、車軸に取り付けられて回転する円板状のロータ 6 2 と、この両面を両側から挟み込んでロータ 6 2 の摺動面 7 2 に摺動して摩擦力によりロータ 6 2 の回転速度

を下げる板状のパッド 6 3 とを具え、右左のパッド 6 3 は、それぞれ油圧ピストン 6 4 およびキャリパ 6 5 に支持されるとともにこれらによってロータ 6 2 に対して進出および後退するよう駆動される。

ロータ 6 2 の円周面 7 1 は摺動面 7 2 で発生する摩擦熱を放散する熱放散面を構成するが、この面にはその熱放散効率を向上させるための冷却フィン 7 3 が、円周上を一周する複数の突条として設けられる。ロータ 6 2 の主たる部材 6 6 として、機械的強度、耐摩擦性能等を考慮して一般的に鋳鉄が用いられるが、本実施形態のロータ 6 2 においては、この部材 6 6 に、一端が摺動面 7 2 に露出し、他端が円周面 7 1 に露出したカーボンナノチューブ配向複合体 1 を複数本、埋設して配置される。

カーボンナノチューブ配向複合体 1 は、前述の通り、カーボンナノチューブ配向方向に沿った熱伝導率が  $300 \sim 1200 \text{ W/m}\cdot\text{K}$  であり、カーボンナノチューブ配向複合体 1 の周りの部材 6 6 をなす鋳鉄の熱伝導率  $73 \text{ W/m}\cdot\text{K}$  に対して、最高で約 164 倍の高い熱伝導率を有し、ロータ 6 2 の放熱効果を高めることができる。

カーボンナノチューブ配向複合体 1 は、摺動面 7 2 全面にわたって均一に露出するよう配設され、その露出面積比率は、5～30%とするのが好ましい。この比率が、5%未満だと十分な放熱の改善効果が得られず、30%を越えると摺動面としての必要強度を満足できなくなる。また、このカーボンナノチューブ配向複合体 1 を部材 6 6 中に配設するには、部材 6 6 中にカーボンナノチューブ配向複合体 1 を収納する穴を形成しておきこの穴にカーボンナノチューブ配向複合体 1 を挿入して固定することにより行う。なお、固定に際しては、接着剤による方法、しまりばめによる方法等を用いることができる。

板状のパッド 6 3 の縁面 7 4 はパッド 6 3 の摺動面 7 5 で発生する摩擦熱を放散する熱放散面を構成するが、この面にも、その熱放散効率

を向上させるための冷却フィン76が、縁面74を一周する複数の突条として設けられている。パッド63の主たる部材68は、機械的強度、摩擦係数等を考慮して、金属の焼結体などの材料が一般的に用いられるが、本実施形態のパッド63においては、この部材68に、一端が摺動面75に露出し、他端が縁面74に露出したカーボンナノチューブ配向複合体1を複数本、埋設、配置される。

熱伝導率が  $300 \sim 1200 \text{ W/m}\cdot\text{K}$  であるカーボンナノチューブ配向複合体1は、パッド63の主たる部材68の熱伝導率は  $100 \text{ W/m}\cdot\text{K}$  以下に対して、遙かに高い熱伝導率を有し、パッド63の放熱効果を高めることができる。

#### 実施例

以下に、第二の実施形態のカーボンナノチューブ配向複合体およびそれを用いた空気入りタイヤについて実施例を挙げて更に詳しく説明するが、本発明は下記の実施例に何ら限定されるものではない。

##### (実施例1～15)

表1に示す配合内容を有する種々のゴム組成物を調製した。次に、該ゴム組成物夫々を混練後、押出機から押出速度  $10 \text{ m/分}$  で押出すと同時に、 $0 \sim 200 \text{ N/mm}^2$  の張力を掛け延伸速度  $15 \text{ m/分}$  で延伸し、続いて加硫してカーボンナノチューブが配向した直径  $1 \text{ mm}$  の棒状のカーボンナノチューブ配向複合体を製造した。

##### (従来例1～3)

カーボンナノチューブを配合しない以外、実施例3、8又は12と同様のゴム組成物を混練後、張力を掛けることなく押出し、加硫して糸状加硫ゴムを製造した。

##### (比較例1～3)

実施例3、8又は12と同じ配合のゴム組成物を調製し、混練後、張

力をかけることなく押出機より押出し、加硫して棒状のカーボンナノチューブ配向複合体を製造した。

上記実施例及び比較例で得られたカーボンナノチューブ配向複合体、並びに従来例で得られた加硫ゴムの熱伝導率を、京都電子(株)製迅速熱伝導率計QTM-500を用いて測定して、表1に示す結果を得た。

次に、実施例1、2、3および7の棒状カーボンナノチューブ配向複合体、並びに、従来例1の加硫ゴムの複数個を、それぞれ、コーティングゴムでゴム引きして放熱性部材を作製し、カーカス折り返し端近傍に位置する放熱性部材38がない点だけが図1に示すものと異なるタイヤをそれぞれ試作した。これらの試作タイヤを用い、30℃の環境下の室内ドラム試験にて100km/hrで300km走行した後のタイヤのショルダー部の温度を測定して、表1に示す結果を得た。また、比較例として、カーボンナノチューブを含まないゴム組成物を調製し、上記実施例と同様の構造のタイヤを製造し、熱伝導率及びタイヤショルダー部の温度を測定した。温度測定結果も、表1に示す。なお、実施例1、2、3および7のカーボンナノチューブ配向複合体を用いたタイヤについて、ドラム試験走行後の複合体の破壊は観察されなかった。

表 1

		実施 例 1	実施 例 2	実施 例 3	実施 例 4	実施 例 5	実施 例 6	実施 例 7	従来 例 1	比較 例 1
配合割合 (質量部)	フチルゴム(IIR)	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	カーボンナノチューブ *	100	80	50	40	30	20	5	0	50
	カーボンブラック *2	0	10	0	10	20	30	50	50	0
	アロマオイル	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	亜鉛華	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	ステアリン酸	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	老化防止剤 *3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	加硫促進剤 *4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	硫黄	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
熱伝導率(W/m·K)		6.0	5.0	3.7	3.2	2.3	1.6	1.3	0.3	0.9
ショルダ部温度(°C)		61	65	73	—	—	—	85	90	—

(続き)

		実施 例 8	実施 例 9	実施 例 10	実施 例 11	従来 例 2	比較 例 2
配合割合 (質量部)	NR	100	100	100	100	100	100
	カーボンナノチューブ *	50	40	30	20	0	50
	カーボンブラック *2	0	10	20	30	50	0
	アロマオイル	10	10	10	10	10	10
	亜鉛華	3	3	3	3	3	3
	ステアリン酸	1	1	1	1	1	1
	老化防止剤 *3	1	1	1	1	1	1
	加硫促進剤 *4	1	1	1	1	1	1
	硫黄	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
熱伝導率(W/m·K)		3.4	2.8	2.1	1.5	0.3	0.8

(続き)

		実施 例 12	実施 例 13	実施 例 14	実施 例 15	従来 例 3	比較 例 3
配合割合 (質量部)	NR	50	50	50	50	50	50
	BR	50	50	50	50	50	50
	カーボンナノチューブ *	50	40	30	20	0	50
	カーボンブラック *2	0	10	20	30	50	0
	アロマオイル	10	10	10	10	10	10
	亜鉛華	3	3	3	3	3	3
	ステアリン酸	1	1	1	1	1	1
	老化防止剤 *3	1	1	1	1	1	1
	加硫促進剤 *4	1	1	1	1	1	1
熱伝導率(W/m·K)		3.5	3.0	2.1	1.6	0.3	0.8

\*1 昭和電工社製、気相法炭素繊維VGCF(登録商標)

\*2 HAF級カーボンブラック

\*3 N-(1,3-ジメチルブチル)-N'-フェニル-p-フェニレンジアミン

\*4 N-シクロヘキシル-2-ベンゾチアジルスルフェンアミド

なお、比較のため、放熱性部材を全く備えない以外は図 6 に示すタイヤと同じ構造の従来タイヤを用意し、上記実施例 1 と同様にして室内ドラム試験後のタイヤのショルダ部の温度を測定したところ、90℃であった。

#### 産業上の利用可能性

以上述べたところから明らかなように、本発明によれば、銅やアルミニウム等に対比しても格段に高い熱伝導率を有する材料や、放熱性の低いゴム材料中に配置されその熱伝導性を著しく向上させることができ、熱耐久性の厳しいなタイヤやブレーキからの放熱を効率化することができる。

## 請 求 の 範 囲

1. カーボンナノチューブより熱伝導率の低いマトリックス中に、カーボンナノチューブを所定の方向に配向させるとともに、少なくとも一部のカーボンナノチューブを、互いに接触させ配向方向両端間で一端から他端まで連続させてなるカーボンナノチューブ配向複合体。
2. 前記カーボンナノチューブは、長さが  $0.1 \sim 30 \mu\text{m}$  で、直径が  $10 \sim 300\text{nm}$  である請求の範囲第 1 項に記載のカーボンナノチューブ配向複合体。
3. 前記マトリックスが金属材料である請求の範囲第 1 項もしくは第 2 項に記載のカーボンナノチューブ配向複合体。
4. 金属材料とカーボンナノチューブとの配合割合が、金属材料 100 質量部に対してカーボンナノチューブ  $0.1 \sim 5$  質量部である請求の範囲第 3 項に記載のカーボンナノチューブ配向複合体。
5. 前記金属材料が、Al、Cu、Mg からなる群から選ばれた金属又は前記群から選ばれた金属を含む合金の一種類又は二種類以上よりなる請求の範囲第 3 もしくは 4 項に記載のカーボンナノチューブ配向複合体。
6. カーボンナノチューブの配向方向の熱伝導率が  $300\text{W/m}\cdot\text{K}$  以上である請求の範囲第 3 ～ 5 項のいずれかに記載のカーボンナノチューブ配向複合体。
7. 前記マトリックスがゴム成分を含んだものである請求の範囲第 1 もしくは 2 項に記載のカーボンナノチューブ配向複合体。
8. ゴム成分とカーボンナノチューブとの配合割合が、ゴム成分 100 質量部に対して  $5 \sim 100$  質量部である請求の範囲第 7 項に記載のカーボンナノチューブ配向複合体。

9. 前記ゴム成分がブチルゴムである請求の範囲第7もしくは8項に記載のカーボンナノチューブ配向複合体。

10. カーボンナノチューブの配向方向の熱伝導率が  $0.15\text{W/m}\cdot\text{K}$  以上である請求の範囲第7～9項のいずれかに記載のカーボンナノチューブ配向複合体。

11. 請求の範囲第3～6項のいずれかに記載のカーボンナノチューブ配向複合体の製造方法であって、溶融した前記金属材料中にカーボンナノチューブが分散された溶融体を流動させ、溶融体の流動過程でこれを冷却して固化させることによりカーボンナノチューブを配向させるカーボンナノチューブ配向複合体の製造方法。

12. 請求の範囲第7～10項のいずれかに記載のカーボンナノチューブ配向複合体の製造方法であって、ゴム成分とカーボンナノチューブとを混練し、この混練物を押出機から押し出し、押出物を押出速度より速い延伸速度で延伸するカーボンナノチューブ配向複合体の製造方法。

13. 請求の範囲第7～10項のいずれかに記載のカーボンナノチューブ配向複合体を互いに平行に並べ、コーティングゴムで被覆して放熱性部材を構成し、この放熱性部材を、カーボンナノチューブ配向複合体の一端がタイヤ外表面に露出し他端がタイヤ内部に位置するように配置してなる空気入りタイヤ。

14. 前記放熱性部材を、ベルト端およびカーカス折り返し端の少なくとも一方の近傍に配置してなる請求の範囲第13項に記載の空気入りタイヤ。

15. 前記放熱性部材は、厚さが  $1\sim 5\text{mm}$  である請求の範囲第13もしくは14項に記載の空気入りタイヤ。

16. タイヤと協働してタイヤ内空部を囲繞するリムを有するホイールであって、請求の範囲第3～6項のいずれかに記載のカーボンナノチ

ューブ配向複合体を、リムの厚さ方向に貫通させて配設し、カーボンナノチューブ配向複合体の一端を、タイヤに接触する部分もしくはタイヤ内空部に露出する部分に配置するとともに、他端を、大気に露出する部分に配置してなる車両用ホイール。

17. 熱伝導率が  $300\text{W/m}\cdot\text{K}$  以上である高熱伝導率部材をリムの表面にコーティングし、高熱伝導率部材を、タイヤに接触しもしくはタイヤ内空部に露出する第一の部分から、大気に露出する第二の部分まで延在させてなる請求の範囲第16項に記載の車両用ホイール。

18. 前記高熱伝導率部材は、Al、MgおよびCuからなる群から選ばれた金属の合金、もしくは、前記群から選ばれた金属とダイヤモンドとの焼結体よりなる請求の範囲第17項に記載の車両用ホイール。

19. 前記高熱伝導率部材の第二の部分が露出する表面を冷却する冷却手段を設けてなる請求の範囲第17もしくは18項に記載の車両用ホイール。

20. 前記冷却手段として、冷却フィンを前記表面に設けてなる請求の範囲第19項に記載の車両用ホイール。

21. タイヤ内空部に接する部分に集熱フィンを設けてなる請求の範囲第16～20項のいずれかに記載の車両用ホイール。

22. 請求の範囲第16～21項のいずれかに記載の車両用ホイールと、この車両用ホイールに装着されたタイヤとよりなり、これらが囲繞するタイヤ内空部に、少なくともヘリウムガスを含む気体を充填してなるタイヤホイール組立体。

23. 請求の範囲第16～22項のいずれかに記載の車両用ホイールと、この車両用ホイールに装着されたタイヤとよりなり、これらが囲繞するタイヤ内空部に、弾性ボールを封入してなるタイヤホイール組立体。

24. ロータと、回転中のロータに摺動してロータの回転を減速させる

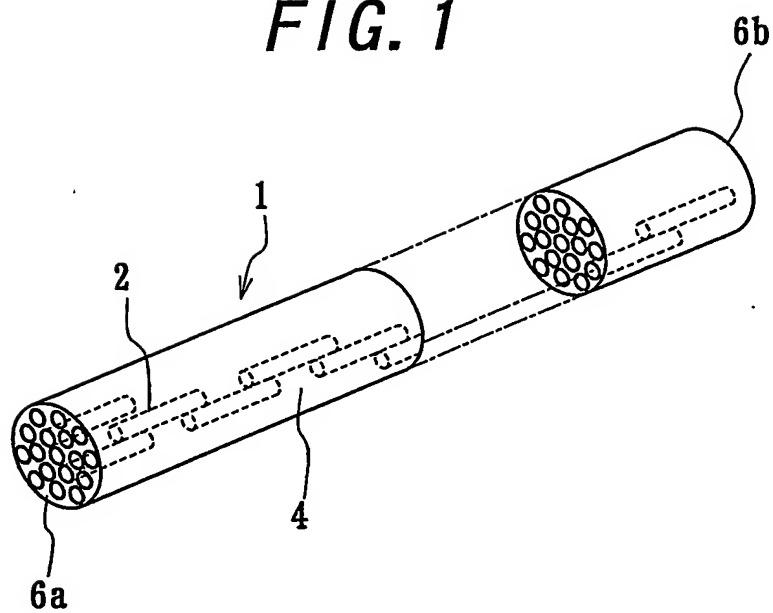
パッドとを具えたディスクブレーキであって、

ロータおよびパッドのうち少なくとも一方の部品に請求の範囲第 3 ～ 6 項のいずれかに記載のカーボンナノチューブ配向複合体を配設してなり、カーボンナノチューブ配向複合体の一端をその部品の摺動面に露出させもしくは摺動面の近傍に位置させ、他端をその部品の摺動面以外の表面に露出させてなるディスクブレーキ。

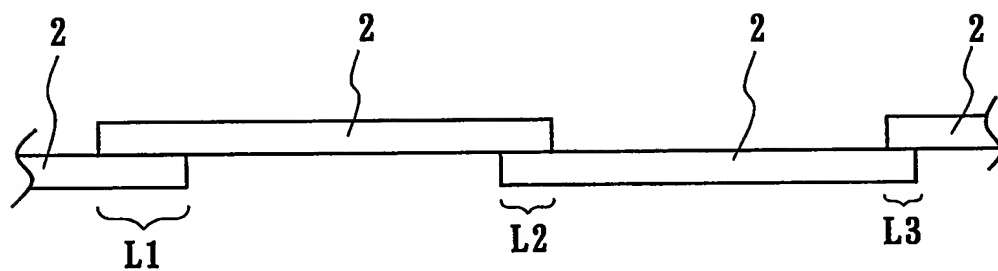
25. 前記他端が露出する前記部品の表面を冷却する冷却手段を設けてなる請求の範囲第 24 項に記載のディスクブレーキ。

26. 前記冷却手段を、前記表面に設けた冷却フィンとしてなる請求の範囲第 25 項に記載のディスクブレーキ。

*FIG. 1*



*FIG. 2*



**FIG. 3**

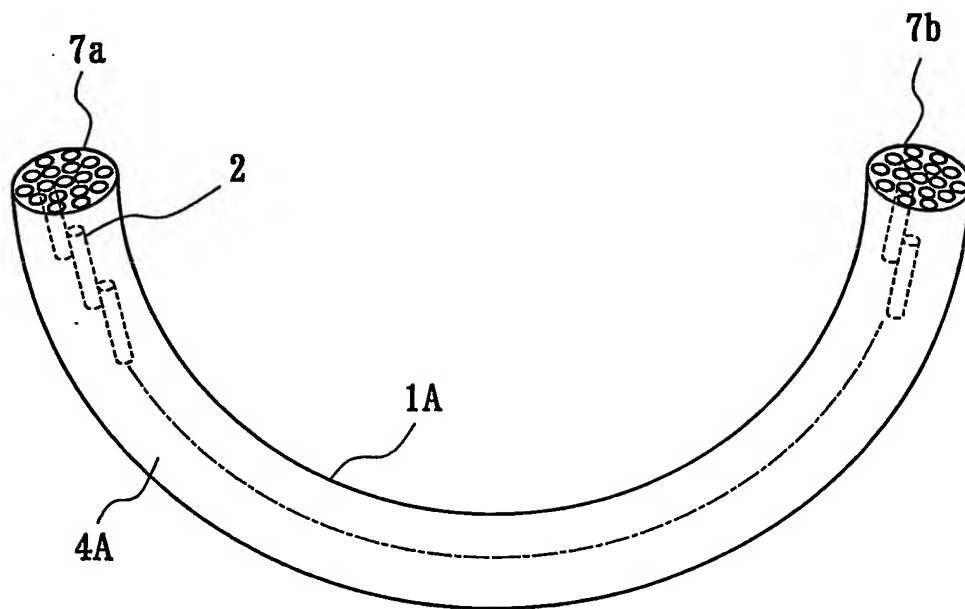
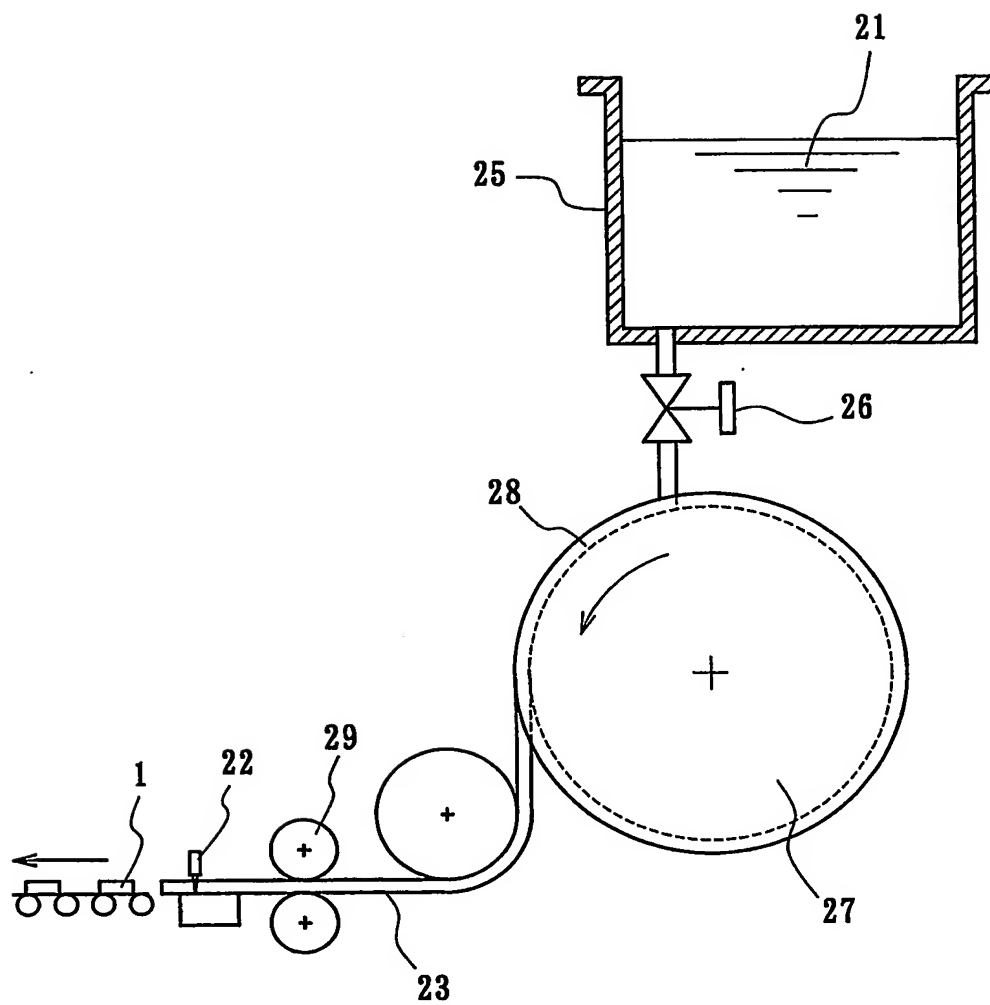


FIG. 4



**FIG. 5**

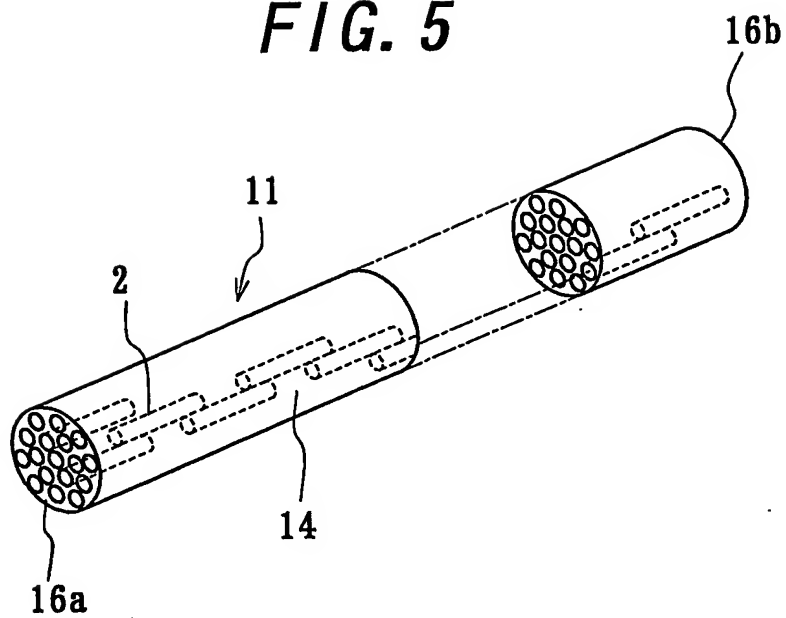
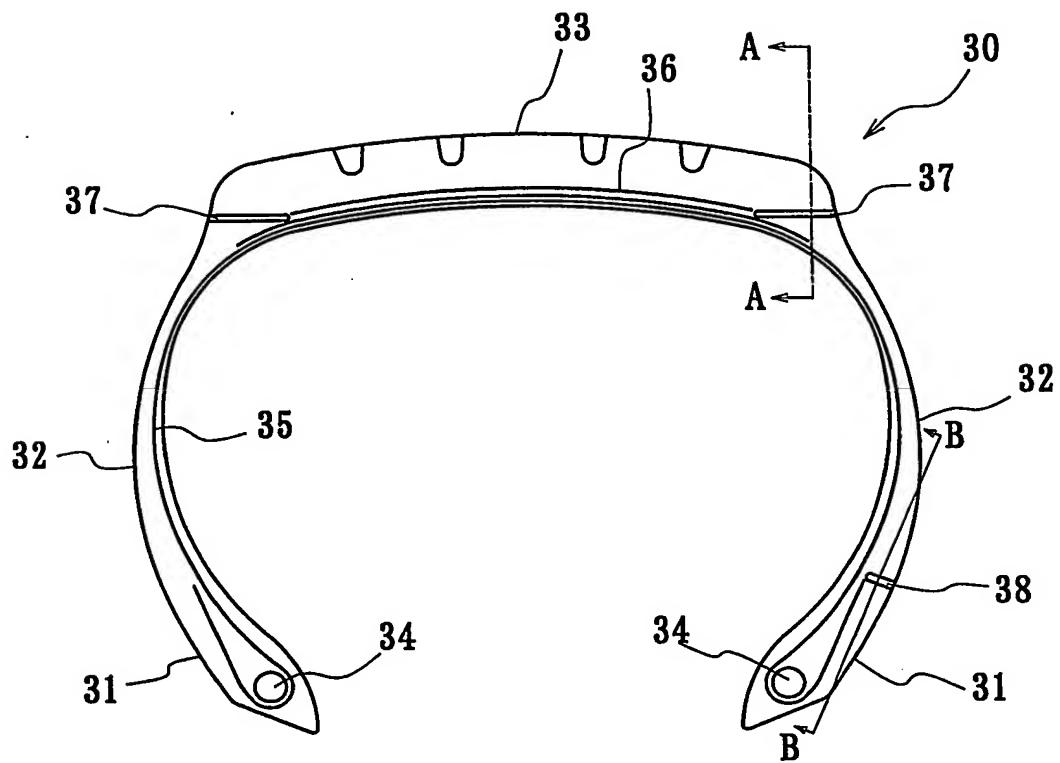
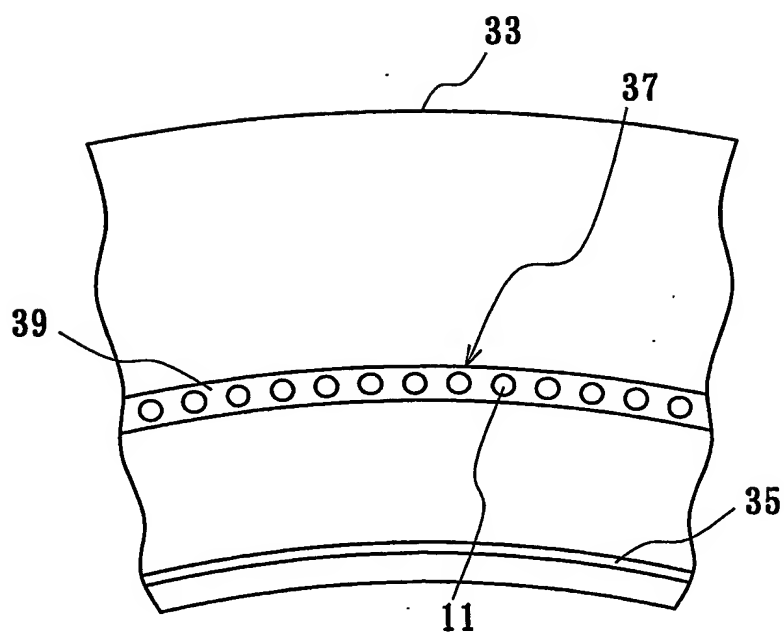


FIG. 6



**FIG. 7**



**FIG. 8**

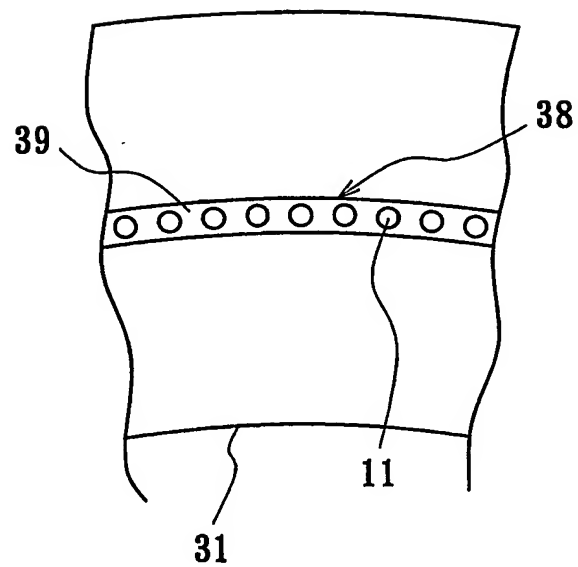


FIG. 9

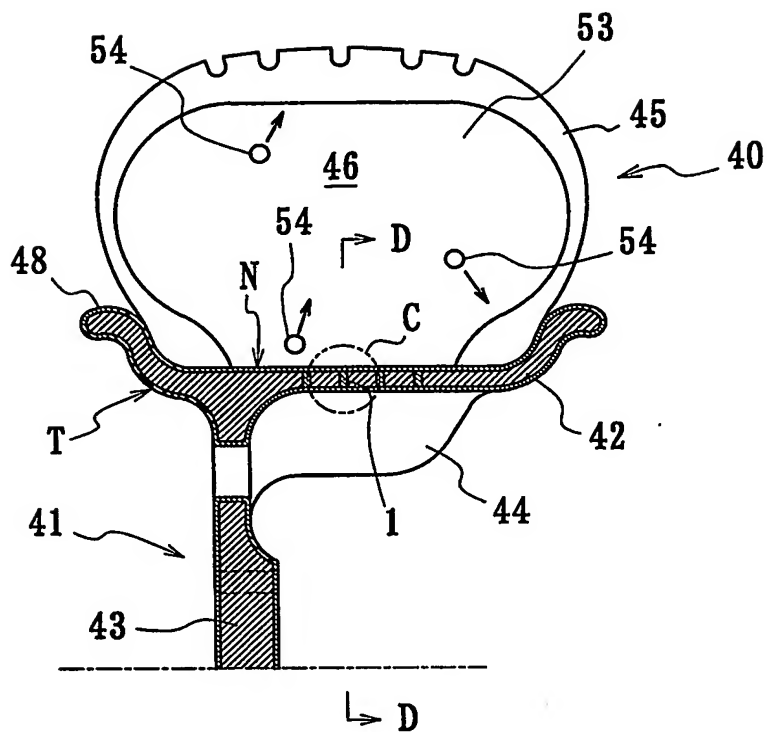
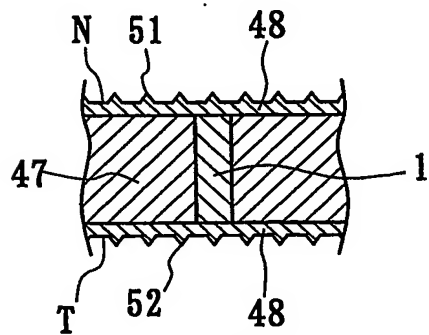
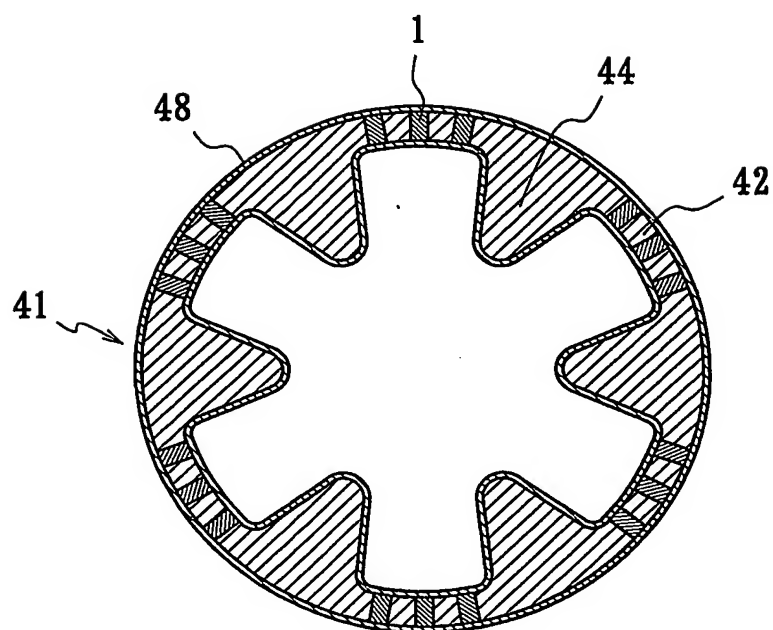


FIG. 10

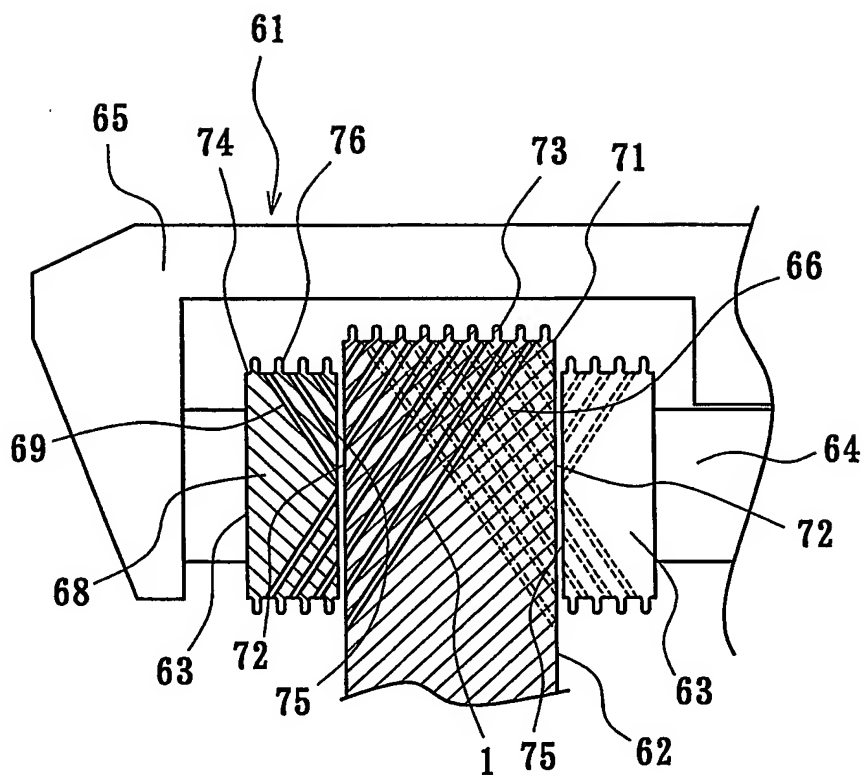


C部詳細

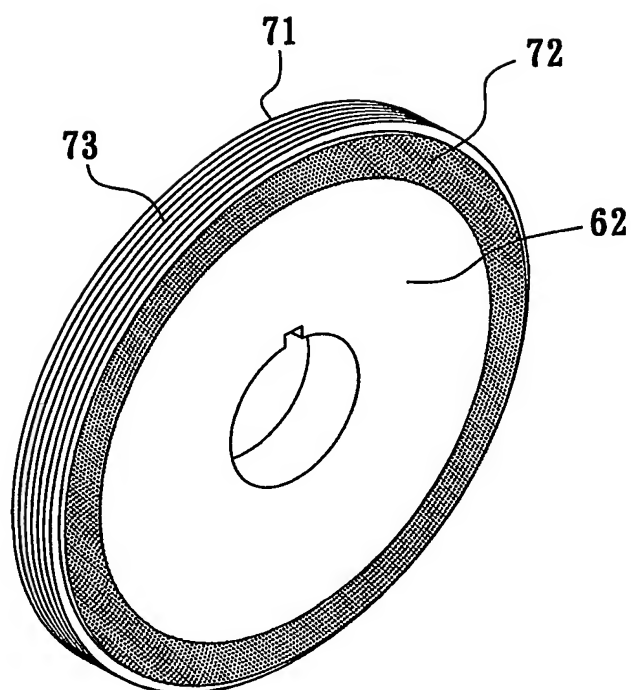
**FIG. 11**



**FIG. 12**



**FIG. 13**



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/12267

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.<sup>7</sup> C08L21/00, C08K7/06, B60C19/00, B60C5/00, B29C47/88//  
B29K21:00, B29K105:18, F16D65/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.<sup>7</sup> C08L7/00-21/02, C08K7/06, B60C19/00, B60C5/00, B29C47/88  
F16D65/12

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JICST FILE (JOIS)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	WO 00/69958 A1 (FINA RESEARCH S.A.), 23 November, 2000 (23.11.00), Claims; page 5, line 22 to page 6, line 5 & JP 2002-544356 A & US 6331265 B1 & EP 1054036 A1	1-2 7-23
E, X	JP 2003-303516 A (Toyobo Co., Ltd.), 24 October, 2003 (24.10.03), Claims; Par. No. [0007] (Family: none)	1-2
P, X	JP 2003-238727 A (Idemitsu Petrochemical Co., Ltd.), 27 August, 2003 (27.08.03), Claims; Par. Nos. [0010], [0015] to [0016] (Family: none)	1-2

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
17 December, 2003 (17.12.03)

Date of mailing of the international search report  
13 January, 2004 (13.01.04)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/12267

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	T. Kuzumaki et al., Processing of carbon nanotube reinforced aluminum composite, Journal of MATERIALS RESEARCH, September, 1998, Vol.13, No.9, pages 2445 to 2449	1-6 24-26

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/12267

## Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

## Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

For the following reason, this international application includes two inventions that do not satisfy the requirement of unity of invention.

Primary invention: "claims 1-6 and 24-26" Secondary invention: "claims 7-23"  
Search has been conducted regarding claims 1-2 as "first mentioned invention (primary invention)". As a result, it has become apparent that the technical feature of claims 1-2 is not novel as disclosed in, as prior art, reference WO 00/69958 A1 (FINA RESEARCH S.A.) 23 November, 2000 (23.11.00), claims, etc. Therefore, the technical feature of claims 1-2 cannot be recognized as constituting "special technical features" within the meaning of PCT Rule 13.2, (continued to extra sheet)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.  
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP03/12267

Continuation of Box No. II of continuation of first sheet(1)

second sentence.

As far as the claims 3-6 and 24-26 are compared with the above prior art, the "special technical feature" of the primary invention is "the matrix constituted of a metal material". On the other hand, as far as the claims 7-23 (secondary invention) are compared with the above prior art, the "(interim) special technical feature" of the secondary invention is "the matrix constituted of a rubber component".

Between the primary invention and the secondary invention, it does not appear that there exists a technical relationship involving one or more of the same or corresponding special technical features.

<b>A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))</b> Int. Cl <sup>7</sup> C08L21/00、C08K7/06、B60C19/00、B60C5/00、 B29C47/88//B29K21:00、B29K105:18、B29K105:18、 F16D65/12		
<b>B. 調査を行った分野</b> 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int. Cl <sup>7</sup> C08L7/00-21/02、C08K7/06、B60C19/00、B60C5/00、 B29C47/88、F16D65/12		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1926-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2003年 日本国登録実用新案公報 1994-2003年 日本国実用新案登録公報 1996-2003年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語) JICST科学技術文献ファイル (JOIS)		
<b>C. 関連すると認められる文献</b>		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X A	WO 00/69958 A1 (FINA RESEARCH S.A.) 2000. 11. 23, 特許請求の範囲、第5頁第22行から第6頁第5行 & JP 2002-544356 A & US 6331265 B1 & EP 1054036 A1	1-2 7-23
EX	JP 2003-303516 A (東洋紡績株式会社) 200 3. 10. 24, 特許請求の範囲、【0007】段落 (ファミリーなし)	1-2
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列举されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に関する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日	17. 12. 03	国際調査報告の発送日
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JJP) 郵便番号 100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 三谷 祥子 電話番号 03-3581-1101 内線 3455

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
P X	J P 2003-238727 A (出光石油化学株式会社) 2003.08.27, 特許請求の範囲、【0010】段落、【0015】～【0016】段落 (ファミリーなし)	1-2
X A	T.Kuzumaki et al., Processing of carbon nanotube reinforced aluminum composite, Journal of MATERIALS RESEARCH, September 1998, Vol. 13, No. 9, page2445-2449	1-6 24-26

## 第I欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT 17条(2)(a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。  
つまり、
2. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

## 第II欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

以下の理由により、この国際出願は発明の単一性の要件を満たさない2つの発明を含む。

主発明: 「クレーム1～6、24～26」 第2発明: 「クレーム7～23」

請求の範囲1～2を「最初に記載されている発明(「主発明」)」として調査を行った結果、請求の範囲1～2の技術的特徴は、先行技術として、文献WO 00/69958 A1 (FINA RESEARCH S.A.) 2000.11.23, 特許請求の範囲等に開示されているから新規でないことが明らかとなった。したがって、請求の範囲1～2の技術的特徴は、PCT 規則13.2の第2文の意味において「特別な技術的特徴」とは認められない。

そして、請求の範囲3～6、24～26と上記先行技術とを比較する限りにおいて、主発明の「特別な技術的特徴」は「前記マトリックスを金属材料とすること」である。一方、請求の範囲7～23(第2発明)と上記先行技術とを比較する限りにおいて、第2発明の「(当座の) 特別な技術的特徴」は「前記マトリックスをゴム成分とすること」である。

これら主発明と第2発明の間に一又は二以上の同一又は対応する特別な技術的特徴を含む技術的な関係が存在するとは認められない。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

## 追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。  
☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。